

研究ノート

表情顔認知における脳血流反応と性格特性の関連

田邊素子、庭野賀津子、庭野道夫

東北福祉大学

要旨

養育者は乳児の情動表情の微細な変化を敏感に受け止めて、取るべき養育行動を判断している。そのため養育者は乳児の顔表情などからの的確に情動を認知し理解する必要がある。しかし、育児経験の無い青年期成人においては、乳児の表情のみからの情動認知は難しく、感受性や理解のしかたには個人差があると考えられる。そこで本研究では、青年期成人が乳児と成人の表情顔を認知しているときの脳機能を近赤外線分光法によって計測するとともに、性格検査を実施し、表情顔に対する脳反応と性格特性の関連について検討することを目的とした。

機能的近赤外線分光法（fNIRS）による脳機能計測とビッグ・ファイブ人格検査の一つである NEO-PI-R を実施した結果、前頭前野の顔刺激に対する賦活は人格 5 因子モデルの各次元のスコアと関連性があることが分かった。両者の相関を詳しく調べた結果、性格特性のうち外向性や調和性のスコアが高い対象者は、乳児の泣き顔または成人の悲しみの顔に対して前頭前野の顕著な賦活を示すことが判明した。その一方で、神経症傾向のスコアと前頭前野の賦活との間にはいずれの顔表情に対しても有意な相関が見られなかった。本研究より、顔刺激に対する脳血流反応の傾向は個人の性格に依存していることが明らかになった。本研究で得られた結果について今後さらに詳細な分析を行い、青年期成人の顔表情認知に影響を及ぼす性格特性について明らかにしていきたい。

キーワード：機能的近赤外線分光法（fNIRS）、脳血流反応、表情顔認知、ビッグ・ファイブ、青年期成人

1. 緒言

言語を獲得する前の乳児期において、顔の表情による情動表出はことばとしての役割を果たしており、養育者にとって重要な情報となる。母親は乳児の情動表情の微細な変化を敏感に受け止め、それに対応しながら対乳児発話の微調整をしたり、取るべき養育行動を判断したりしている¹⁾。そのため養育者は的確に乳児の表出する情動を認知し、理解する必要がある。しかし、育児経験の無い青年期成人においては、乳児の表情のみからの情動認知は難しく、感受性や表情の理解のしかたには個人差があると考えられる。著者らはこれまで、出産や育児経験のない成人が乳児の表情画像を見ているときの脳の賦活を、機能的近赤外線分光法（fNIRS）によって測定してきた。その結果、前頭前野（PFC）と上側頭溝（STS）で、表情の違いによる賦活の変化が見られた²⁾。また、機能的磁気共鳴画像（fMRI）による脳機能計測を行い、乳児の表情画像を見ているときの青年期女性の、前頭前野背外側部（DLPFC）と眼窩前頭野（OFC）の賦活と性格検査のスコアに有意な相関があることを見出した³⁾。さらに、青年期成人の乳幼児保育体験の前後に、表情認知時における脳活動を fMRI によって計測したところ、STS において、快・不快の乳児顔表情に対する有意な賦活の変化が見られた⁴⁾。これらの結果より、青年期成人における乳児表情顔認知における脳活動の違いには個人の性格特性や育児経験の有無等が影響していることが示唆され、さらなる検

討の必要性があるという認識に至った。

そこで本研究では、青年期成人の顔表情認知時の脳活動と性格特性との関連について検討をするため、乳児と成人の顔表情に対する脳血流反応を fNIRS によって計測し、さらに、NEO-PI-R による人格 5 因子モデルの性格特性を調べて、顔表情に対する脳活動と性格特性との関連を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

2. 1 研究対象者

対象者は、医療系学部に在籍する健常な大学生50名（男女各25名、平均年齢 21.3 ± 0.7 歳）である。全員右利きで、裸眼視力もしくはメガネやコンタクトレンズによる矯正視力が0.7以上であった。対象者には、本研究内容について文書と口頭で十分な説明を行い、研究参加について書面にて同意を得た。本研究は東北福祉大学研究倫理委員会にて審査・承認を得た後に実施された（承認番号：RS181101）。

2. 2 心理的評価

各対象者の心理的評価のために、ビッグ・ファイブ人格検査の一つである NEO-PI-R の日本語版を用いた。NEO-PI-R は人格 5 因子モデルに基づく質問紙法の人格テストで、質問は240問あり、個人の性格特性を、開放性（O: Openness）、誠実性（C: Conscientiousness）、外向性（E: Extraversion）、調和性（A: Agreeableness）、神経症傾向（N: Neuroticism）の5つの次元でとらえるものである。この尺度は性格特性を測定するために現在国内外で広く使用されている⁵⁾。アンケートの項目は、5段階のリッカート尺度に基づいて評価され、1と5はそれぞれ「そう思わない」と「そう思う」の両極のスコアである。

それぞれの次元のスコアが高いと、以下のような性格特性の傾向を示すとされている⁶⁾。開放性（O）が高い者は開放性が高く、芸術に対してより想像力があり、知的好奇心が強く、行動に柔軟性がある。誠実性（C）が高い者は学業や職業等の目標に向けて達成する意志が強く、勤勉で野心的である。外向性（E）が高い者は外向性が高く、活動、社交性、喜びなどの前向きな感情を示す傾向がある。調和性（A）が高い者は調和性があり、同情的で、社会的に好ましいとされる。神経症傾向（N）が高い者は、心理的ストレスを受けやすい傾向があり、怒り、不安、抑うつなどの不快な感情を容易にあらわす。

2. 3 顔表情認知課題と実験手順

顔表情認知課題における刺激呈示は、Platform of Stimuli and Tasks（日立製作所中央研究所開発ソフトウェア）を用いた。刺激に用いた画像は、乳児（Infant）と成人（Adult）それぞれ、①笑い顔または喜び顔（happy）、②泣き顔または悲しみ顔（sad）、③感情の不明確な曖昧顔または中性顔（neutral）の3種類の顔表情を正面から撮影した静止画である。乳児画像は、我々の過去の研究で使用した顔画像セット³⁾の4名（男女各2名）の乳児画像を用いた。一方、成人画像は、Fujimura et al. の顔表情データベース⁷⁾より4名（男女各2名）の顔画像を選び、使用した。これら、乳児と成人それぞれ、4名×4表情の写真を呈示刺激とした。

脳機能計測はブロックデザインで行った。課題（タスク）は Fig. 1（a）に示す通り、コントロール課題（黒地に白字の十字の固視点を提示）を20秒間、ターゲット課題（顔表情刺激）を12秒間、交互に3回ずつ呈示した。脳機能計測は、乳児顔、成人顔、それぞれ顔表情3種類の顔表情別に実施し、一人の対象者につき6回の計測を行った。対象者ごとに刺激画像呈示順のカウンターバランスをとった。脳機能計測の所要時間は一人当たり約30分であった。

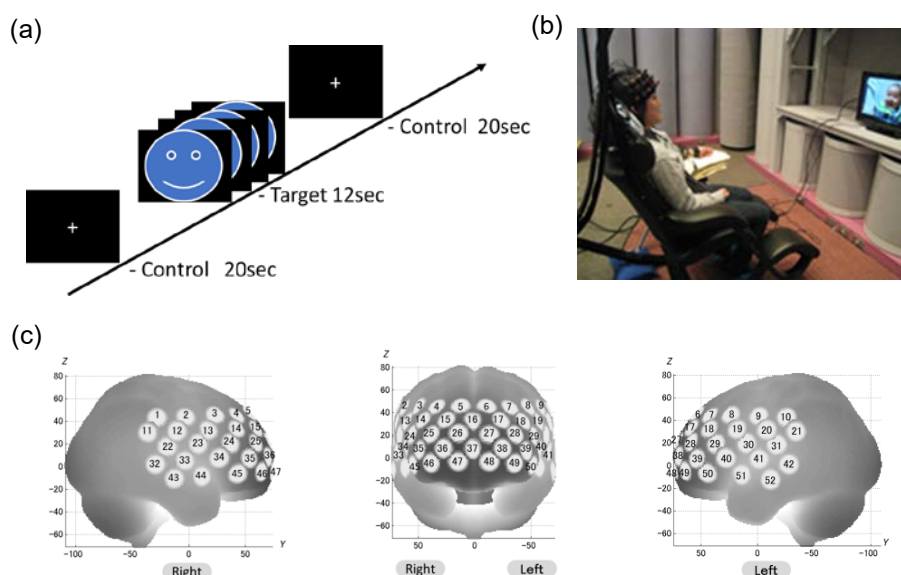


Fig. 1 脳機能計測の方法

注) (a) 呈示刺激のイメージ (b) fNIRS 計測の様子 (c) fNIRS のチャンネル配置図

2. 4 fNIRS 計測

脳機能計測は、静寂な実験室において行われた。対象者は背もたれの高い椅子に寄りかかる安定した座位姿勢で、1.5m 前方にある刺激呈示用モニター（画面サイズ21インチ）を注視するよう指示された（Fig. 1 (b)）。計測は、多チャンネル fNIRS 装置（ETG-4000、日立メディコ）を使用し、52チャンネルホルダーを前頭部から両側頭部にかけて装着した。最下列のプロープを国際10-20法の Fp1-Fp2 ラインとなるよう配置した（Fig. 1 (c)）。本研究における大脳皮質の解剖学的な部位とチャンネル位置の対応は先行研究の⁸⁾のバーチャルレジストレーション結果を参考とした。

我々の用いた fNIRS 装置では、2種類の短波長（695nm, 830nm）の近赤外光により、脳表層の酸素化ヘモグロビン（oxyHb）濃度変化、脱酸素化ヘモグロビン（deoxyHb）濃度変化、総ヘモグロビン（totalHb）濃度変化を計測できる。脳の局所的な神経活動が増加すると血管が拡張して動脈の血流量が増加し、oxyHb 濃度が増大する。そのため、oxyHb 濃度変化が最も敏感に神経活動を反映すると考えられることから、本研究では oxyHb 濃度変化を脳機能計測の指標とし、後述の方法で酸素化ヘモグロビン濃度変化量の加算平均処理を行った。

2. 5 脳機能計測のデータ解析

各課題に対する個人の脳活性化を評価するために、fNIRS 装置によって計測された各課題条件の oxyHb 濃度変化量をチャンネルごとに抽出した。刺激呈示の12秒間のうち、ニューロン活動に対する血行動態反応の遅れを考慮して、課題開始後5秒後から課題終了5秒後までの12秒の区間を「時間窓」として解析対象とした。Fig. 2に示すように、この時間窓には、課題ブロック中の oxyHb 濃度変化量増加のピークが含まれていた。解析対象の時間窓における12秒間の oxyHb 濃度変化量の積分値（ Δ oxyHb）を算出した。

その後の統計分析では、課題条件間のチャンネルごとの Δ oxyHb の違いを評価した。そして、性格特性と脳の賦活および賦活部位との関係を分析するために、性格特性スコアとチャンネルごとの Δ oxyHb の間の相関係数を算出した。さらに、脳部位ごとの機能と性格特性との相関を明らかにするために、Table 1に示すとおり52チャンネルを先行研究^{8), 9)}に準じて脳の解剖学上の部位に分類し、それぞれの脳部位ごと

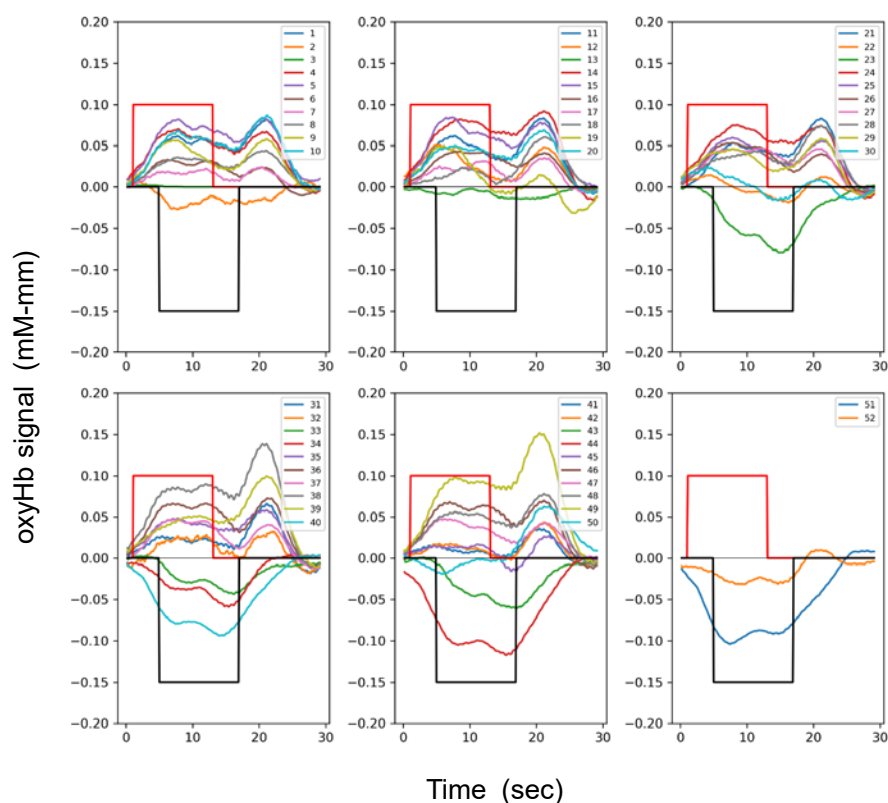


Fig. 2 実験中の酸素化ヘモグロビン濃度変化の例

注) 各グラフ中の赤の実線の枠は顔表情の提示時間窓を表す。一方、黒の実線の枠は解析対象とした時間窓を表す。
6つのグラフはそれぞれ、fNIRSの測定チャンネルごとの測定値を示す。グラフ内右上の数値はチャンネル番号。

Table 1 測定した52チャンネルの解剖学上の脳部位との対応

Area	Channel No.	BA	R-L	部位名	abbreviation	region
1	32,43	21	R	中側頭回	R_MTG	21 - Middle Temporal gyrus
2	1,11	40	R	縁上回	R_SPG	40 - Supramarginal gyrus part of Wernicke's area
3	22	22	R	上側頭回	R_STG	22 - Superior Temporal Gyrus
4	33	48	R	海馬後支脚野	R_RS	48 - Retrosubicular area
5	12	43	R	一次味覚皮質	R_SBC	43 - Subcentral area
6	44	38	R	側頭極	R_TP	38 - Temporopolar area
7	2,23	6	R	前運動野	R_PMC	6 - Pre-Motor and Supplementary Motor Cortex
8	24,34	45	R	下前頭回三角部	R_TRI	45 - pars triangularis Broca's area
9	13	44	R	下前頭回弁蓋部	R_OPC	44 - pars opercularis, part of Broca's area
10	3,4,5,14,15,25,35,45	9	R	前頭前野背外側部	R_DLPFC	9 - Dorsolateral prefrontal cortex
11	26,36,46	10	R	前頭極	R_FP	10 - Frontopolar area
12	47	11	R	眼窩前頭野	R_OF	11 - Orbitofrontal area
13	16,37	10	中央 (Fpz)	前頭極	C_FP	10 - Frontopolar area
14	48	11	L	眼窩前頭野	L_OF	11 - Orbitofrontal area
15	27,38,49	10	L	前頭極	L_FP	10 - Frontopolar area
16	6,7,8,17,18,28,39,50	9	L	前頭前野背外側部	L_DLPFC	9 - Dorsolateral prefrontal cortex
17	29,40	45	L	下前頭回三角部	L_TRI	45 - pars triangularis Broca's area
18	19	44	L	下前頭回弁蓋部	L_OPC	44 - pars opercularis, part of Broca's area
19	51	38	L	側頭極	L_TP	38 - Temporopolar area
20	9,30	6	L	前運動野	L_PMC	6 - Pre-Motor and Supplementary Motor Cortex
21	41	48	L	海馬後支脚野	L_RS	48 - Retrosubicular area
22	20	43	L	一次味覚皮質	L_SBC	43 - Subcentral area
23	42,52	21	L	中側頭回	L_MTG	21 - Middle Temporal gyrus
24	31	22	L	上側頭回	L_STG	22 - Superior Temporal Gyrus
25	10,21	2	L	縁上回	L_SPG	40 - Supramarginal gyrus part of Wernicke's area

Table 2 NEO-PI-R の結果の基本統計量

Factors	Mean	S.D.	Range
Neuroticism (N)	111.8	23.0	54-165
Extraversion (E)	107.0	18.8	74-150
Openness (O)	113.4	16.0	79-159
Agreeableness (A)	113.2	16.2	76-155
Conscientiousness (C)	98.7	22.5	41-143

Table 3 NEO-PI-R の 5 次元間の相関

Factors	N	E	O	A	C
N	—				
E	0.01	—			
O	0.02	0.41**	—		
A	-0.22	0.25	0.32*	—	
C	-0.42**	0.18	-0.26	0.26	—

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

の Δ oxyHb の平均と性格検査結果との相関も求めた。本研究において特に注目した領域は前頭部の前頭前野背外側部 (dorsolateral prefrontal cortex)、前頭極 (frontal pole)、眼窩前頭野 (orbitofrontal cortex) である。

3. 実験結果と考察

3. 1 性格検査

NEO-PI-R の結果に基づく、対象者の 5 次元の性格特性のスコアの基本統計量を Table 2 に示す。各スコアは 40 から 160 の範囲に分布していた。また各スコアの平均値及び標準偏差は日本人大学生の標準的標本⁵⁾ から得られたものと近似していた。

NEO-PI-R の各次元スコア間の相関を Table 3 に示す。開放性 (O) と外向性 (E) のスコア ($r = 0.41$, $p < 0.01$) 及び調和性 (A) と開放性 (O) のスコア ($r = 0.32$, $p < 0.05$) の間には有意な正の相関が認められた。また、誠実性 (C) と神経症傾向 (N) のスコア ($r = -0.42$, $p < 0.01$) の間には有意な負の相関が観察された。誠実性 (C) が神経症傾向 (N) と負の相関関係にあることは先行研究においても報告されている¹⁰⁾。

3. 2 脳賦活のタスク依存性

脳機能計測した各チャンネルの oxyHb 濃度変化量のタスク依存性を対象者ごとに調べた。乳児の 3 種類の顔表情に対する oxyHb 濃度変化量の分布 (活性化マップ) の 1 対象者の例を Fig. 3 に示す。図中の番号はチャンネル番号、図の左側が右脳、右側が左脳である。図で赤色の濃いチャンネルは oxyHb 濃度が高いところであり、脳の賦活を意味する (本稿の冊子版においてはモノクロ表示となっているが、電子版ではカラー表示となっているので電子版を参照されたい)。チャンネルごとの色の違いや濃淡の違いから、顔表情によって脳の賦活部位が異なることが示されている。対象者 50 名すべての平均をとった結果においても顔表情によって特異的に賦活する領域があることが分かったが、その詳細については別稿¹¹⁾ を参照されたい。

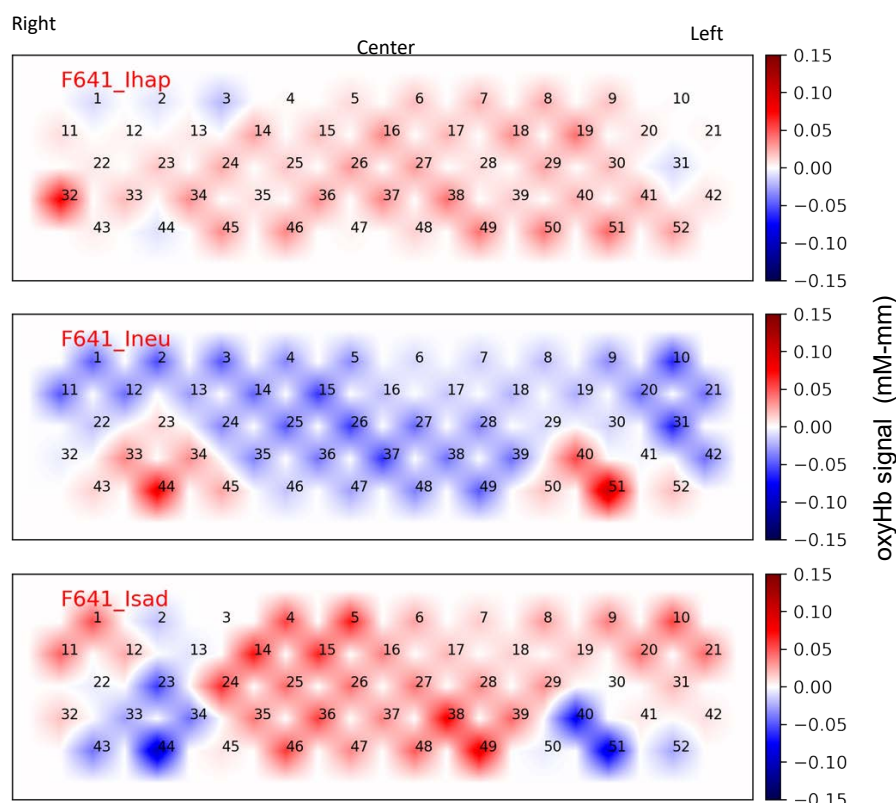


Fig. 3 刺激画像を見ているときの脳の賦活の例

注) 上から乳児の happy, neutral, sad の表情を見ている時の脳の賦活。図中の数値はチャンネル番号。各チャンネルの色及び濃淡は右のスケールに対応した oxyHb 濃度。

3. 3 性格スコアと脳賦活の関係

脳機能計測した52の各チャンネルの Δ oxyHb と 5 次元の性格特性スコアの相関を 6 種類の課題 (呈示した乳児・成人 \times 3 種類の顔表情) ごとに調べた。一例として、成人の sad 顔と外向性 (E) の相関マップを Fig. 4 (a) に示す。図中の番号はチャンネル番号、図の左側が右脳、右側が左脳である。この図は Fig. 3 に示した活性化マップと似ているが、この図では色が赤い部位 (チャンネル) は正の相関を、青い部位は負の相関を示している。また、色の濃さは相関の強さを示している (本稿の冊子版においてはモノクロ表示となっているが、電子版ではカラー表示となっているので電子版を参照されたい)。この図に示された結果は、前頭前野中心部付近 (前頭前野背外側部、前頭極、眼窩前頭野) と外向性 (E) との間にやや強い正の相関があることを示している。また、Fig. 4 (b), Fig. 4 (c) は、Table 1 で示した脳部位のグルーピングとチャンネルを対応させたものである。

対象者全50名における、5 次元の性格特性と 6 種類の顔表情課題における脳賦活との相関の全体像を Fig. 5 に示す。色の違いや濃淡の違いの意味は Fig. 4 と同様である。この図から、外向性 (E)、調和性 (A) のスコアの高い人の前頭前野中心部のチャンネルが、乳児、成人のいずれの sad 顔に対しても賦活との強い正の相関を示すことが分かる。前頭前野は、意思や判断をつかさどる部位であるため、外向性 (E)、調和性 (A) のスコアの高い人は悲しい表情を見た時に対処の仕方を考えようとして前頭前野の血流量が増加する傾向にあることを示唆している。一方、神経症的傾向 (N) の高い人は happy, sad の両方の表情に対して相関の程度が比較的低い。また、誠実性 (C) と神経症的傾向 (N) は逆の相関のしかたを示している。すなわち、誠実性 (C) で正の相関を示している部位が、神経症的傾向 (N) では負の相関を示している。これは、前述したように、神経症的傾向 (N) と誠実性 (C) の性格指標値間で負の相関を

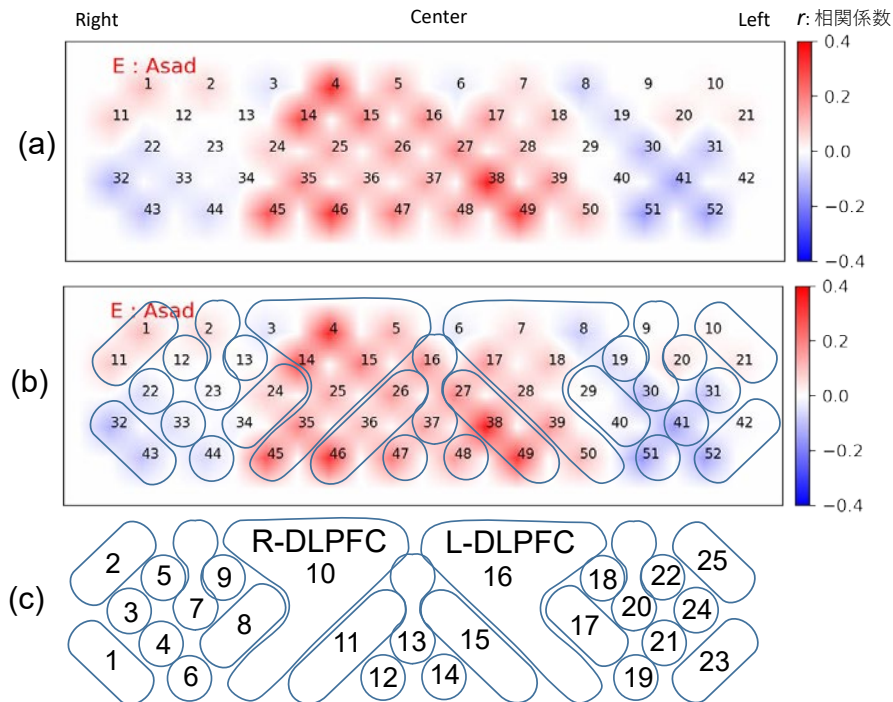


Fig. 4 刺激画像を見ている時の脳の賦活と外向性（E）スコアの相関の例
 注）(a) 各チャンネルのEスコアとの相関 (b) チャンネル配置上の脳の部位ごとのグルーピング (c) 脳の部位ごとのグルーピング、番号は Table 1 の [Area] に対応。

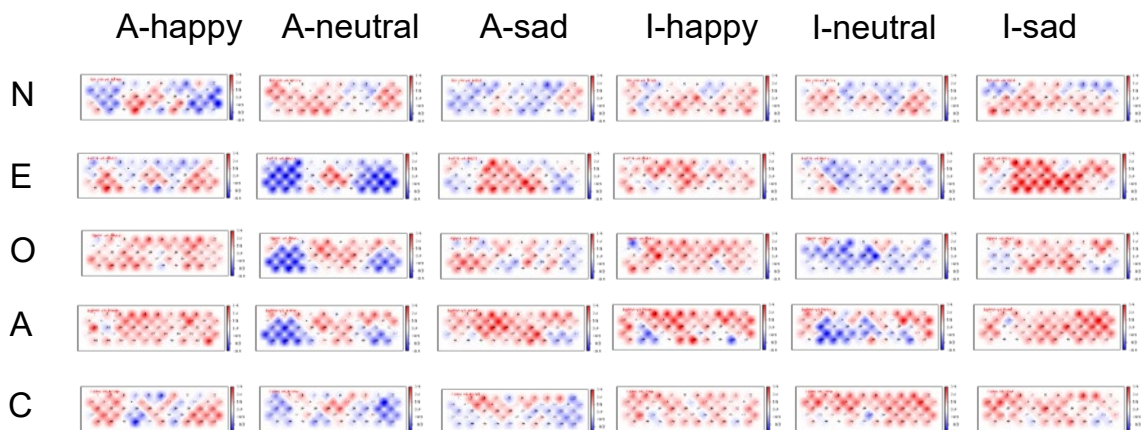


Fig. 5 刺激画像を見ている時の脳の賦活と各性格特性との相関の例
 注）A-happy の A は成人、I-happy の I は乳児、happy, neutral, sad はそれぞれ表情の種類
 N, E, O, A, C はそれぞれビッグ・ファイブの5次元

示したことに関係していると考えられる。また、Fig. 5 に示された相関の全体像を見ると、性格特性ごとに表情に対する相関のパターンが異なっていることが示唆される。したがって、各対象者の脳賦活の活性化パターンからそれぞれの対象者の性格が予測できる可能性がある。そこで、我々は深層学習（ディープラーニング）の技法を用いて、脳賦活の活性化パターンから性格指標値を予測する試みを行った。その結果については、別稿¹¹⁾で報告する。

また、Table 1 に従って52のチャンネルを脳の部位ごとに分類し（Fig. 4 (b) と Fig. 4 (c) を参照）、それぞれの部位ごとの平均 Δ oxyHb と5次元の性格特性との相関を調べた。その結果を Fig. 6 に示す。各グラフの横軸の数字は、右下の脳部位の番号に対応する。また、縦軸は相関係数を示す。図の左側に位

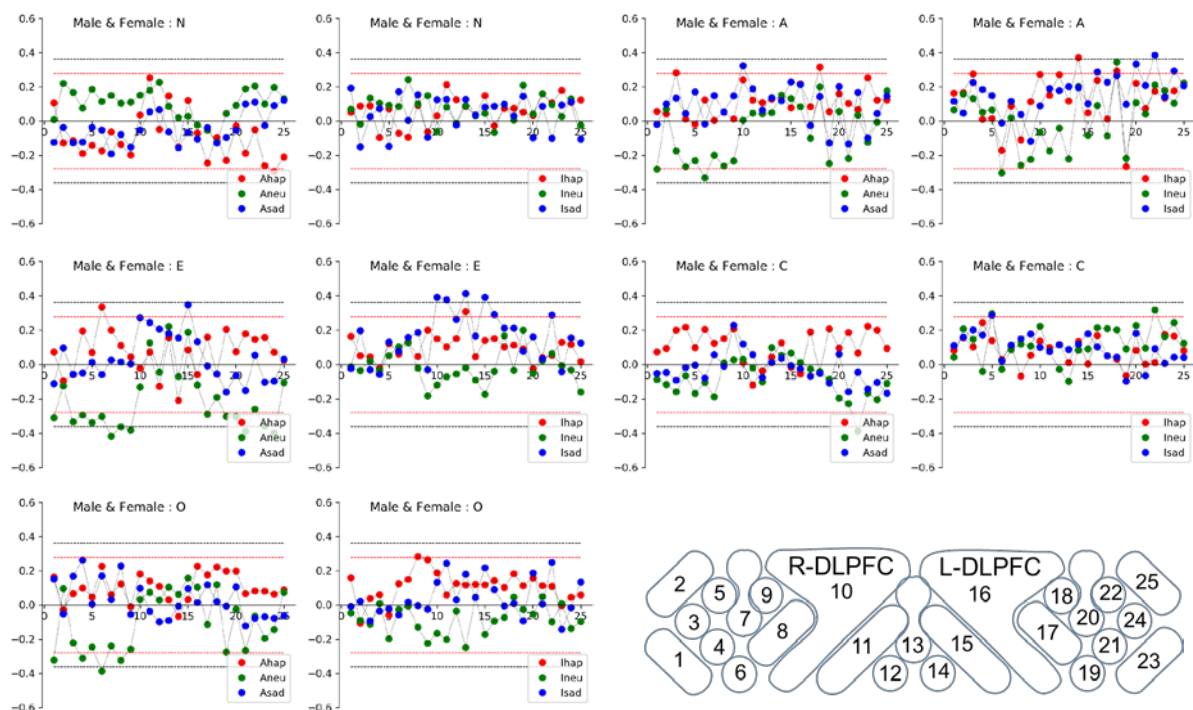


Fig. 6 顔表情の種類ごとの脳部位の賦活と性格特性との相関

注) 各グラフ右下にある凡例のAhapのAは成人、IhapのIは乳児、hap (happy), neu (neutral), sad はそれぞれ表情の種類。N, E, O, A, C はそれぞれビッグ・ファイブの5次元。各グラフの横軸の数値は、右下の脳部位の分類の数値に対応している。また、グラフの縦軸は相関係数である。

置する1番は計測した範囲の側頭部の最も右端に位置しており、図の右側に位置する25番は側頭部の最も左に位置していることを示している。また、前頭前野の中央部が10-16番である。グラフ中の赤線（相関係数0.0の線をはさんで上下内側の線）が5%有意水準、黒線（相関係数0.0の線をはさんで上下外側の線）が1%有意水準を表す。既に述べたように、外向性（E）、調和性（A）のスコアの高い人が、sad 顔に対して前頭前野の中心部付近の賦活が高くなる傾向にあることがこの図からも分かる。特に、乳児の sad 顔に対して、1%の有意水準で相関が認められた。また、成人の neutral 顔（グラフ中の Aneu: Adult-Neutral）に対して、開放性（O）、外向性（E）、調和性（A）の性格特性と右側頭部の脳賦活との間に負の相関が認められた。これらの性格特性のスコアの高い対象者の活性化マップを見ると右側頭部の oxyHb 濃度が減少していた。この oxyHb 濃度減少の原因は今のところ不明であるが、NIRS の検出領域外の脳深部に向かって血流が流れたのではないかと推測される。一方、誠実性（C）と神経症傾向（N）に関しては、性格のスコアと脳賦活との間には、顔表情の種類に関係なく有意な相関は認められなかった。

4. 結言

fNIRS による脳機能計測を行い、表情顔認知時における前頭前野の賦活と、人格5因子モデルによる性格特性との関連を検討した。両者の相関を詳しく調べた結果、性格検査の外向性（E）や調和性（A）のスコアが高い対象者が、成人、幼児の sad 顔に対して前頭前野領域の顕著な脳賦活を示すことが示された。その一方で、神経症傾向（N）のスコアと脳賦活との間にはいずれの顔表情に対しても有意な相関が見られなかった。本研究により、顔刺激に対する脳賦活は個人の性格特性に依存していることが明らかになった。本研究の結果得られた脳の賦活と性格特性との相関が脳機能とどのように関連しているのかについては今後の検討課題であり、現在研究を続行中である。今後、顔刺激に対する脳情報処理の実態についてネットワーク分析などを駆使してさらなる解析を進め、定量的に明らかにしていく予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費（18K03072 研究代表者 庭野賀津子）の助成を受けたものです。

引用文献

- 1) Niwano, K., Kajikawa, S. and Sato, K. "Infant -directed speech is affected by infant gender and age in two natural contexts." *Studies in Language Sciences*. 12, 112-135, 2013
- 2) Niwano, K. and Tanabe, M. "Regional brain responses in young adults during producing infant-directed speech: A NIRS study." *Proceeding of The 23rd Biennial Meeting of the International Society for the Study of Behavioural Development*, Shanghai, 2014
- 3) Niwano, K., Ito, A., Tanabe, M., Sato, Y. and Fujii, T. "An fMRI study of the relationship between neuroticism and neural responses to infant emotional faces. *Proceeding of 15th European Congress of Psychology*, Amsterdam, 2017
- 4) Ito, A., Niwano, K., Tanabe, M., Sato, Y. and Fujii, T. "Activity changes in the left superior temporal sulcus reflect the effects of childcare training on young female students' perceptions of infants' negative facial expressions." *Neuroscience Research* 131, 36-44, 2018
- 5) 下仲順子・中里克治・権藤恭之・高山 緑『日本版 NEO-PI-R NEO-FFI 使用マニュアル改訂増補版』東京心理株式会社, 2011
- 6) Costa, P. and McCrae, R. "Normal personality assessment in clinical practice: The NEO personality inventory." *Psychological Assessment* 14, 5-13, 1992
- 7) Fujimura, T. and Umemura, H. "Development and validation of a facial expression database based on the dimensional and categorical model of emotions." *Cognition and Emotion* 32, 1663-1670, 2018. DOI: 10.1080/02699931.2017.1419936.
- 8) Tsuzuki, D., Jurcak, V., Singh, A.K., Okamoto, M., Watanabe, E. and Dan, I. "Virtual spatial registration of stand-alone fNIRS data to MNI space." *NeuroImage* 34, 1506-1518, 2007
- 9) Rorden, C. and Brett, M. "Stereotaxic display of brain lesions." *Behavioural Neurology* 12, 191-200, 2000
- 10) Wang, M.Y., Zhang, J., Lu F.M., Xiang, Y.T. and Yuan, Z. "Neuroticism and conscientiousness respectively positively and negatively correlated with the network characteristic path length in dorsal lateral prefrontal cortex: A resting-state fNIRS study." *Brain Behavior* 8, e01074, 2018. <https://doi.org/10.1002/brb3.1074>
- 11) 庭野賀津子・田邊素子・庭野道夫「ディープラーニングを用いた顔表情に対する脳反応と性格特性指標との相関に関する研究」『感性福祉研究所年報』22, 印刷中